

Introduction à l'analyse multicritère

Prof. Irène Abi-Zeid

Opérations et systèmes de décision
Faculté des sciences de l'administration

Université Laval

21 octobre, 2025
INRAE, Bordeaux



Plan

- L'analyse multicritère
- Quelques projets récents
- Méthodes multicritères
 - Méthodes de critère unique de synthèse
 - Méthodes de surclassement
- Conclusion

L'analyse multicritère

- Un terme générique pour décrire un ensemble d'approches **formelles** qui cherchent à prendre en compte de manière explicite des **critères multiples** pour **aider** les individus ou les groupes à explorer des **décisions** ou effectuer des évaluations
- Plus que des méthodes mathématiques
- On parle de processus de décision ou d'évaluation

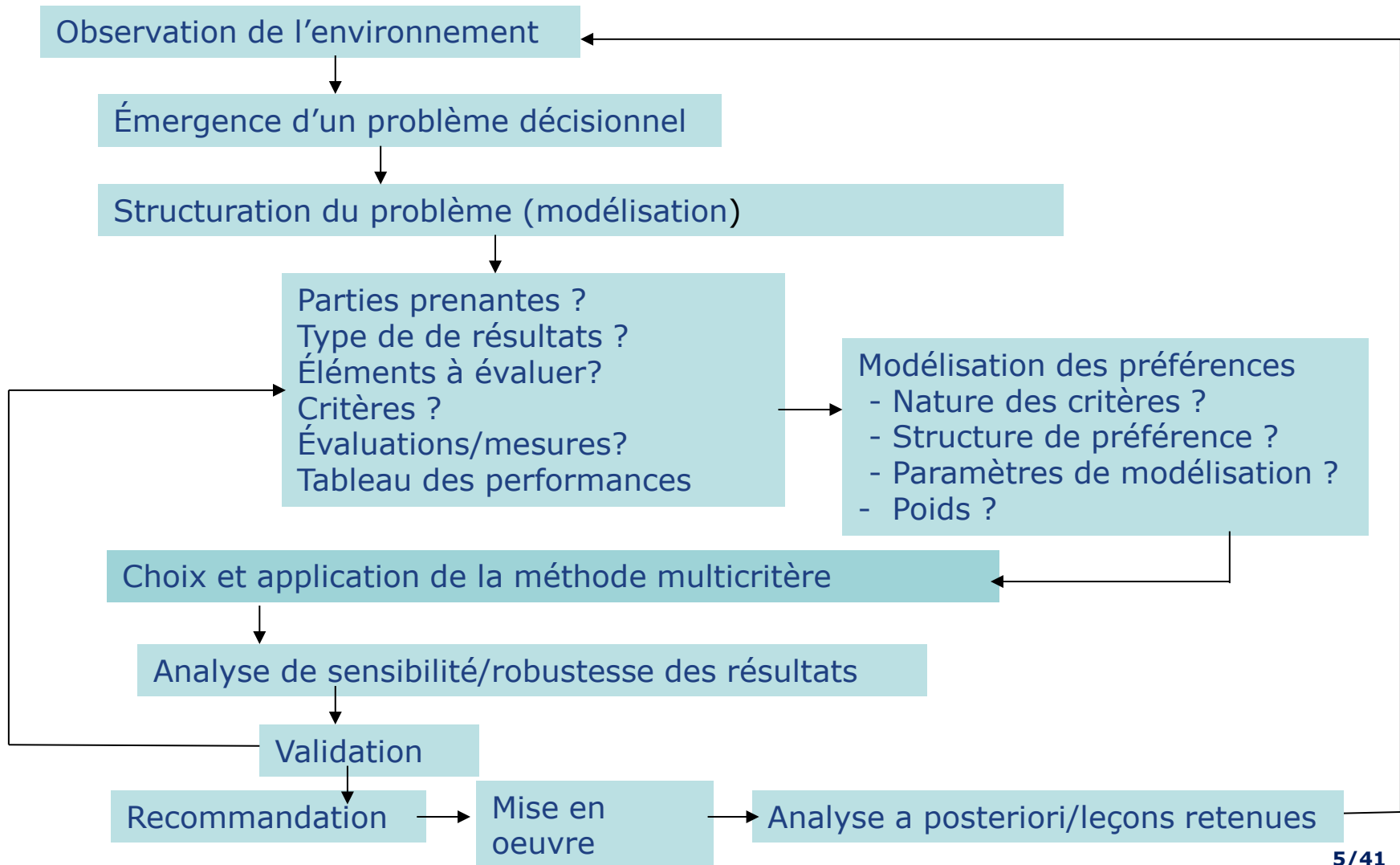
L'analyse multicritère

Processus multicritère

- Approche systémique
- S'étend sur une période de temps
- Plusieurs critères
- Plusieurs acteurs et parties prenantes
- Approche constructiviste: Ateliers de groupe facilités par une équipe de facilitateurs/analystes

L'analyse multicritère

Modèle d'un processus multicritère



L'analyse multicritère

Quand appliquer un processus multicritère?

- Les éléments (options, actions, stratégies, projets, interventions, scénarios...) ne peuvent être évalués sur une seule dimension
- Dimensions multiples: critères/attributs non-commensurables et contradictoires
 - dimensions économique, sociale, éthique, culturelle, politique, spirituelle et environnementale,...

L'analyse multicritère

Quand appliquer un processus multicritère?

- Données quantitatives et/ou qualitatives
- Acteurs et parties prenantes multiples (perspectives différentes)
 - Ceux qui ont un impact direct sur les décisions
 - Ceux qui sont impactés par les décisions
- Meilleurs compromis (pas d'optimum)

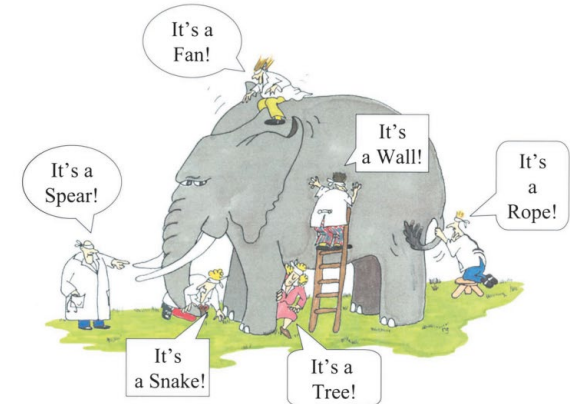
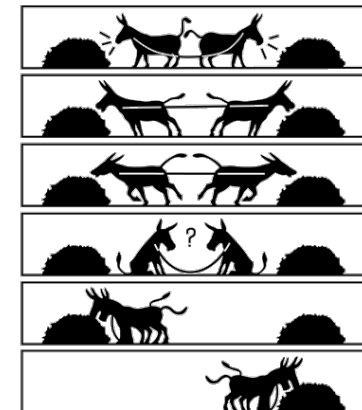


Fig. 1. *The blind men and the elephant*. Poem by John Godfrey Saxe (Cartoon originally copyrighted by the authors; G. Renee Guzlas, artist).

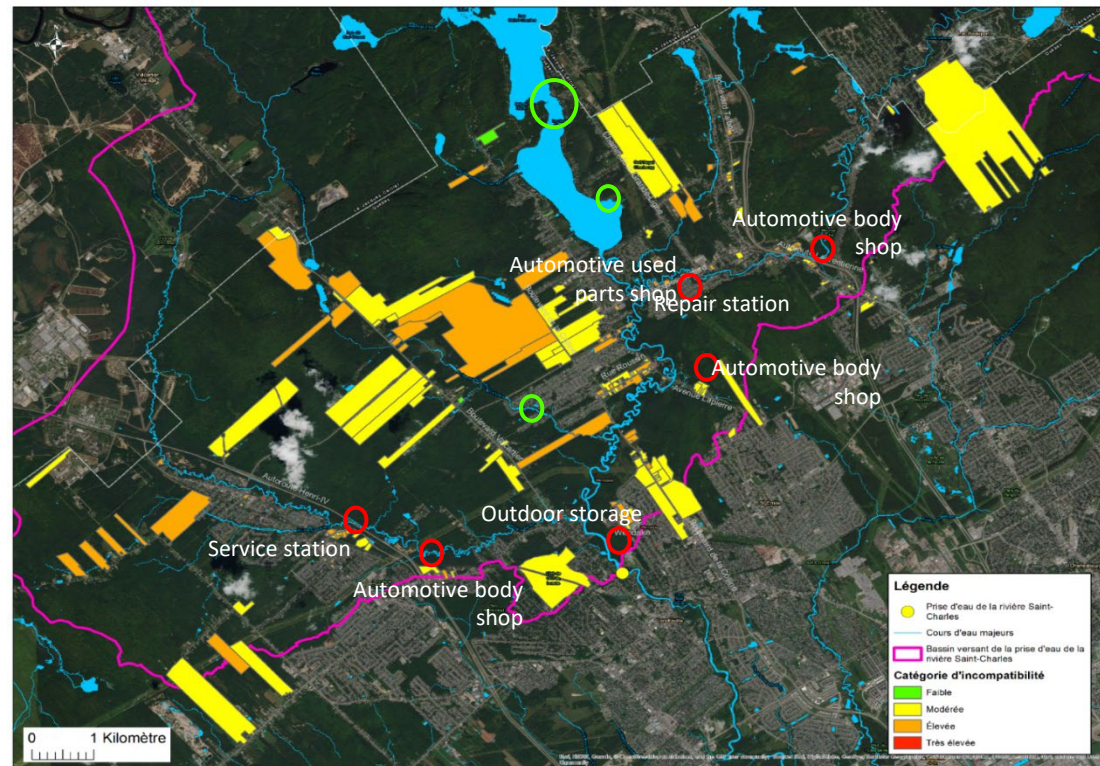


QUELQUES PROJETS RÉCENTS



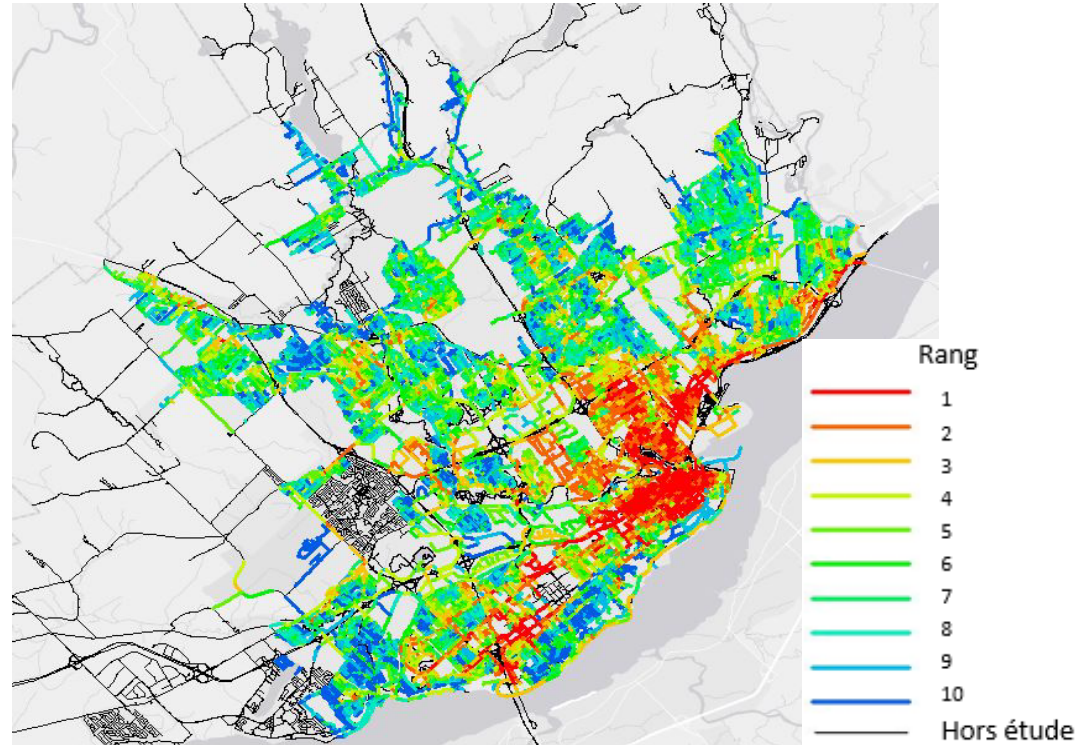
Prioriser les interventions pour la protection de la source d'eau potable – ville de Québec

- Évaluer et classer 207 propriétés (potentiellement contaminantes)
 - dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles
 - en fonction de leur niveau d'incompatibilité avec la prise d'eau dans 5 catégories: Faible, modéré, élevé, très élevé



Prioriser les rues à aménager en rues conviviales – ville de Québec

- Évaluer (score et décile) et visualiser le potentiel d'une rue à être réaménagée en rue conviviale
 - Selon la National Complete Streets Coalition, les rues conviviales doivent être accessibles, sûres et confortables quels que soient les modes de transport et les conditions physiques



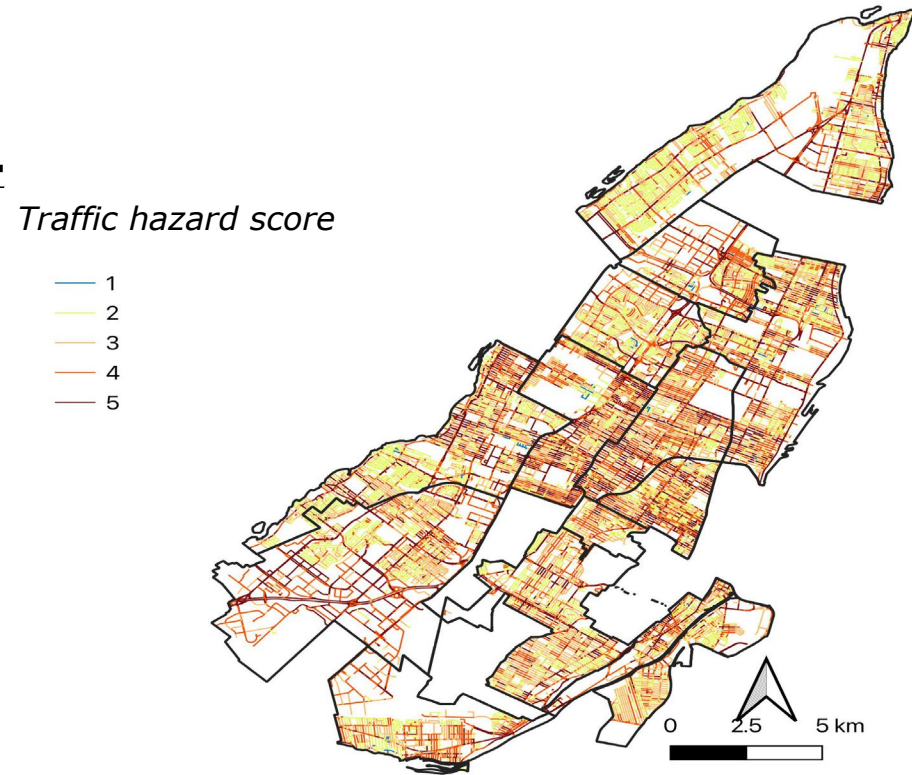
Prioriser les interventions pour la conservation du patrimoine – ville de Québec (deux projets)

- Évaluer et assigner l'intérêt patrimonial des bâtiments
 - dans une des catégories d'intérêt: Exceptionnel, supérieur, bon, faible, nul
- Évaluer et assigner la pertinence, de types de travaux/secteur, d'être assujettis à la Commission d'Urbanisme et de Conservation Québec (CUCQ)
 - dans une des catégories de pertinence: Nulle, faible, très faible, moyenne élevée, très élevée



Évaluation du risque du trafic pour les enfants

- Évaluer (score) et visualiser le niveau de risque du trafic (*hazard*) des segments dans une de 5 catégories de 1 à 5;
 - 5 étant le plus haut niveau de risque
- Actuellement, en train de valider un modèle pour évaluer les interventions aux intersections près des écoles



Prioriser les scénarios d'aménagement des forêts pour assurer la durabilité – Bureau du Forestier en Chef

- Évaluer (score) et prioriser des scénarios d'aménagement des forêts dans une perspective de durabilité sur 150 ans
 - dans un contexte d'incertitude sur les changements climatiques et les feux de forêts



Développer et prioriser des scénarios pour la protection des bélugas dans l'estuaire du St-Laurent

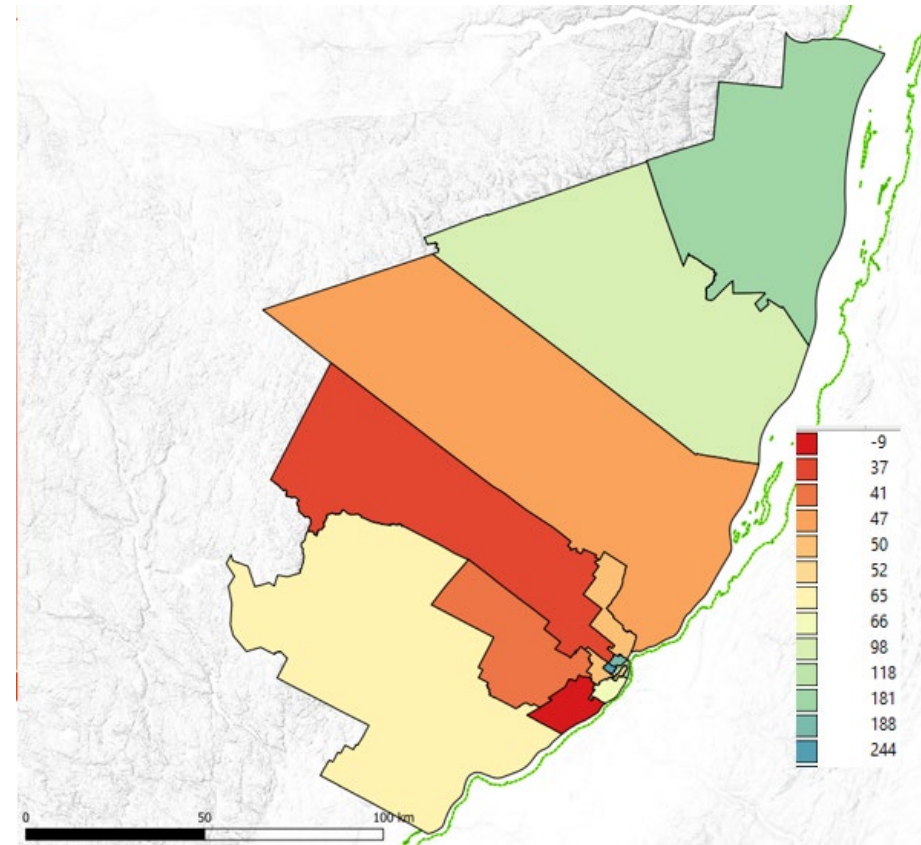
- Co-construire et évaluer des options pour la cohabitation de la navigation de plaisance et des bélugas



<https://gremm.org/en/photo-gallery/>

Allouer les budgets parmi les territoires du centre intégré universitaire de santé et de services sociaux - Capitale Nationale)

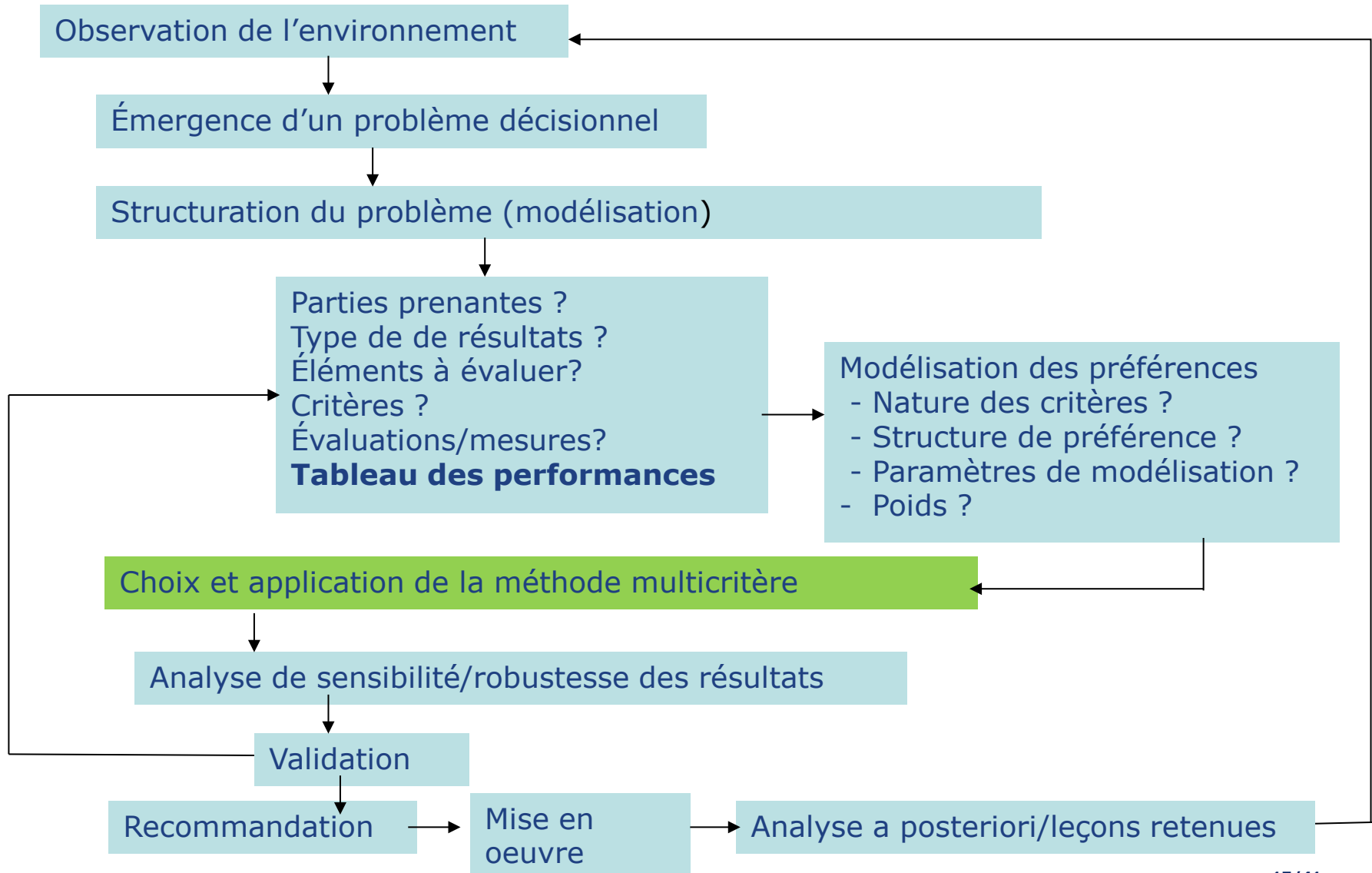
- Évaluer (score) la vulnérabilité de 14 territoires du sur la base des familles ayant des enfants 0-5 ans
- pour répartir le budget du programme des Services Intégrés en Périnatalité et pour la Petite Enfance sur la base du score de vulnérabilité



MÉTHODES MULTICRITÈRES

L'analyse multicritère

Modèle d'un processus multicritère



Méthodes multicritères

- Types de résultats attendus:
 - Tri ordonné (classification) dans des catégories prédéfinies
 - Très prioritaire, prioritaire, faiblement prioritaire, pas du tout prioritaire
 - Rangement (classement)
 - Candidats à un poste
 - Portefeuille
 - Choix d'un sous-ensemble de projets en tenant compte des synergies et des interactions – gestion des actifs
 - Choix d'un sous-ensemble contenant les meilleures options
 - Étudiants à qui attribuer une bourse
- Plus de 250 méthodes...

Méthodes multicritères

Exemple: Évaluer et ranger les plans de voyage de Turin, Italie vers Québec

Options (Billets)	CRITÈRES				
	Prix (€)	Durée (heures)	Confort	Heure d'arrivée	Mode de transport
Air France (AF)	824	15		01:30 lendemain	2 Air et 1 Bus Montréal
United Airlines (UA)	895	18		21:50	2 Air Montréal
Lufthansa (LH)	875	13,25		14:29	3 Air Montréal
Alitalia (AZ)	880	14,5		23:15	2 Air Toronto

Confort

AF: très bonne nourriture, bon divertissement, personnel très amical, espace jambes moyen

LH: nourriture acceptable, bon divertissement, personnel peu amical, espace jambes moyen

UA: très mauvaise nourriture, personnel désagréable, aucun divertissement, espace jambes restreint

AZ: bonne nourriture, divertissement acceptable, personnel amical, espace jambes moyen

Méthodes multicritères

Échelles de mesure des critères

- **Très importantes:** celles-ci conditionnent le type de méthode que nous pouvons appliquer
- Ordinale: On peut établir un ordre sans pour autant pouvoir mesurer l'intensité des différences (très difficile, difficile, facile, très facile)
- Intervalle: En plus de définir l'ordre, on peut mesurer la distance entre les classes. Origine et unité peuvent être arbitraires (température en degrés Celsius)
 - On doit définir une unité en fonction d'un repère
- Ratio: échelle intervalle avec origine fixe. Les positions entre les objets ne dépendent pas de l'unité de mesure mais de la distance par rapport à l'origine qui est non arbitraire (e.g. prix)

Méthodes multicritères

Type de critères/attributs

- Naturel
 - Coût, durée...
- Construit à l'aide de nombreux indicateurs ou de nombreuses dimensions proches
 - Indice de qualité de vie
 - Indice de pauvreté
- Proxy (substitut)
 - Mesure les effets sur la santé par la concentration d'un polluant

Méthodes multicritères

Tableau des performances

- Construire un critère pré-suppose que l'on ait les moyens d'associer à chaque option son évaluation sur le critère donné
- Les règles de calcul peuvent être simples ou compliquées, elles peuvent nécessiter une simulation et une modélisation, des enquêtes, une évaluation personnelle subjective ou un sous-processus multicritère en soi
- Un critère doit avoir un sens de « préférence »

Méthodes multicritères

Notion de valeur

- Le tableau des performances nous donne les évaluations des options par rapport aux critères
 - Il ne nous dit pas à quel point une performance est souhaitable
 - Que signifie une durée? Quelle valeur a-t-elle pour moi?
- Concepts de pire et meilleur sont basés sur les « **valeurs** » des participants au processus multicritère
 - On parle aussi de préférences
- La question se pose:
 - Comment évaluer/comparer en termes de préférences/valeurs?

Méthodes multicritères

Exemple: Évaluer et ranger les plans de voyage de Turin, Italie vers Québec

Options (Billets)	CRITÈRES				
	Prix (€)	Durée (heures)	Confort	Heure d'arrivée	Mode de transport
Air France (AF)	824	15		01:30 lendemain	2 Air et 1 Bus Montréal
United Airlines (UA)	895	18		21:50	2 Air Montréal
Lufthansa (LH)	875	13,25		14:29	3 Air Montréal
Alitalia (AZ)	880	14,5		23:15	2 Air Toronto

Confort

AF: très bonne nourriture, bon divertissement, personnel très amical, espace jambes moyen

LH: nourriture acceptable, bon divertissement, personnel peu amical, espace jambes moyen

UA: très mauvaise nourriture, personnel désagréable, aucun divertissement, espace jambes restreint

AZ: bonne nourriture, divertissement acceptable, personnel amical, espace jambes moyen

Méthodes multicritères

Modélisation des préférences

- Deux composantes principales
 - Modèle de préférence partielle (locale) sur les critères individuellement:
 - « désirabilité/attractivité » d'atteindre différents niveaux de performance (intra-critère)
 - Attractivité des différentes durées
 - Modèle d'agrégation des préférences partielles en préférence globale (inter-critère)
 - Plan Lufthansa versus Plan Alitalia

Méthodes multicritères

Deux grandes familles

- Méthodes (cardinales) de **l'approche du critère unique de synthèse**:
 - Évaluations intrinsèques des options
 - Un score final
 - Théorie de la valeur multi-attribut:
 - e.g. la méthode MACBETH (attractivité)
 - Autres méthodes: AHP (priorité), TOPSIS...

Méthodes multicritères

Critère unique de synthèse

- Somme pondérée – exemple typique
- Une option est globalement égale, meilleure ou pire qu'une autre
- Transitivité
- Pas d'incomparabilité entre les options
- Compensation totale entre les critères

Méthodes multicritères

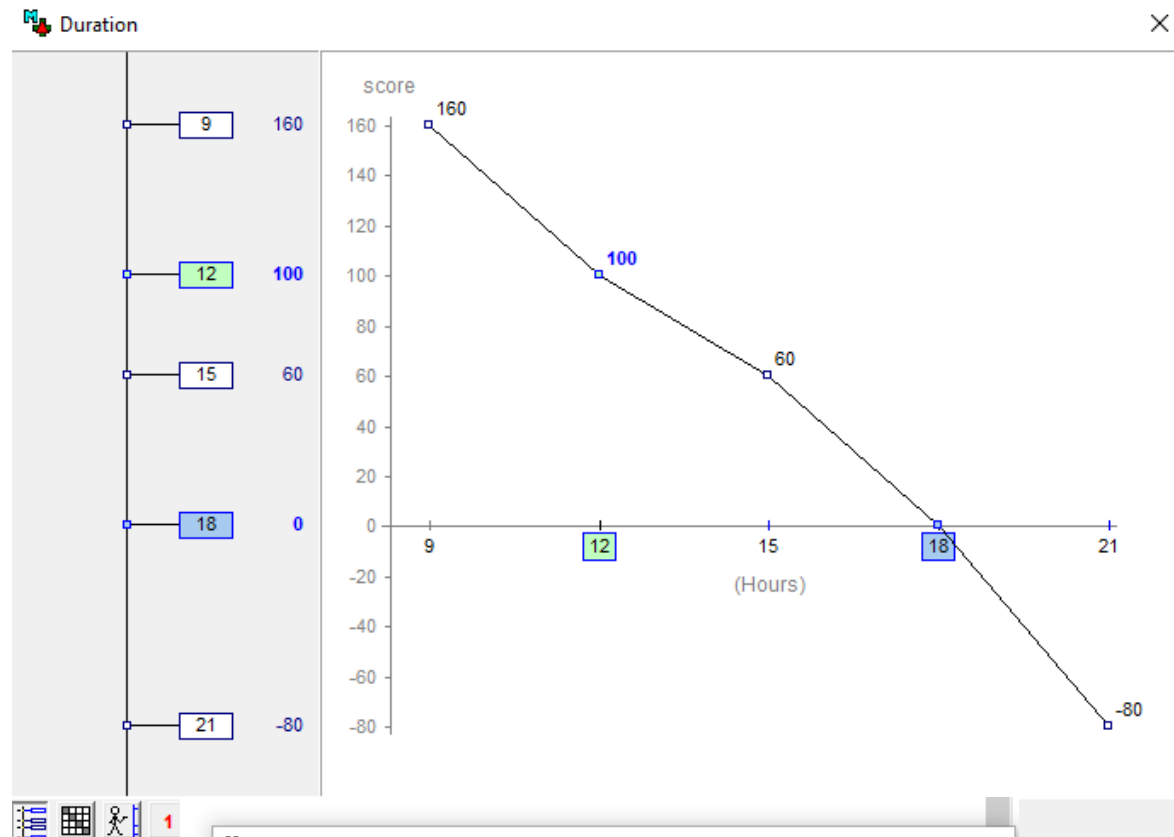
Critère unique de synthèse

- Les critères doivent être sur des échelles cardinales (au moins intervalle)
 - Les préférences sont rarement linéaires: on construit l'échelle de valeur/attractivité suite à un questionnement des participants
 - Il faut définir une unité de valeur/attractivité de chaque critère: spécifier un repère pour chaque critère: ce qui est neutre (0) et ce qui est bon (100)
- Les poids ne reflètent pas l'importance des critères, ils dépendent de l'étendue des performances sur les critères

Méthodes multicritères

Critère unique de synthèse

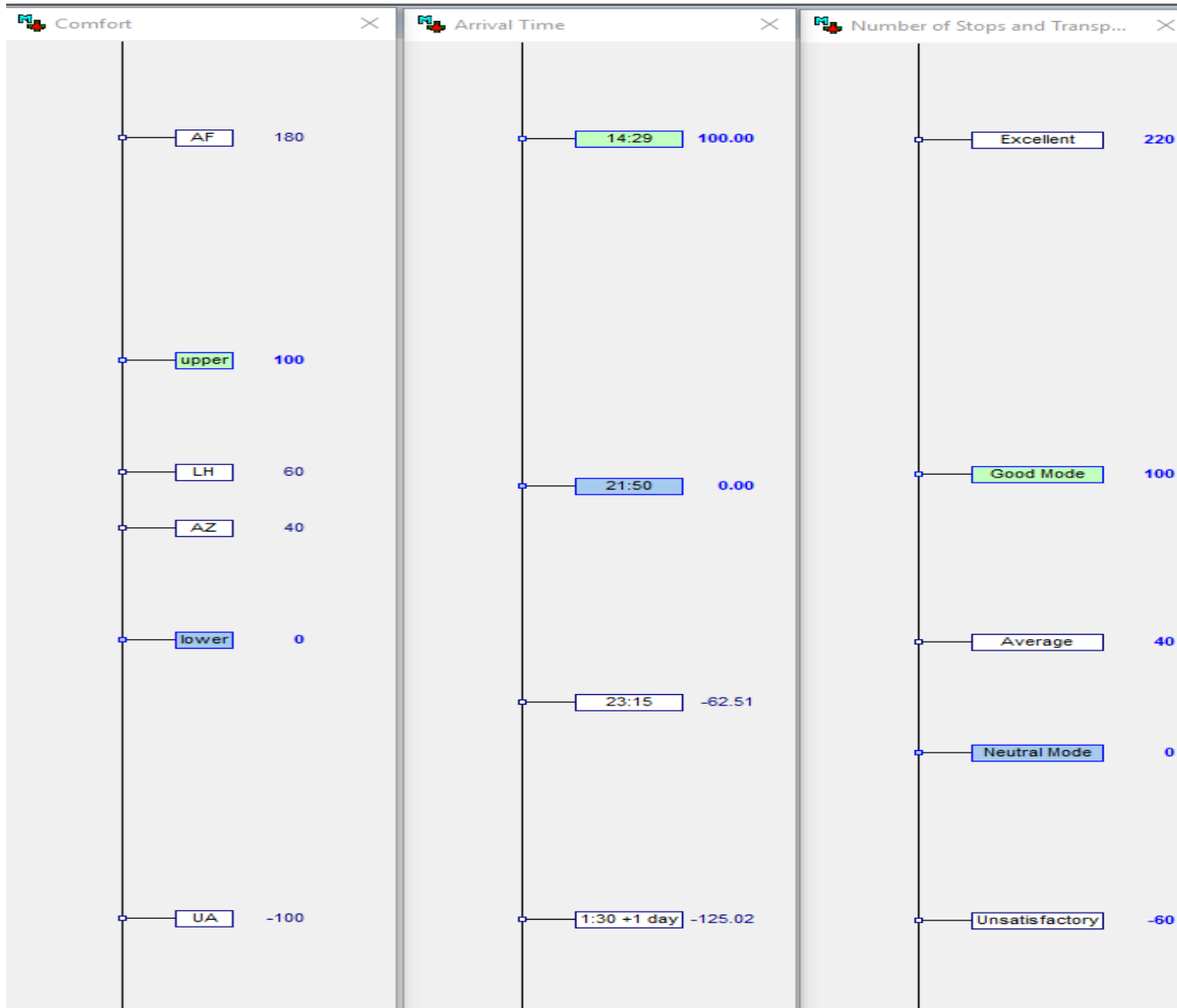
Fonction de valeur/attractivité du critère Durée

[illegible]

Méthodes multicritères

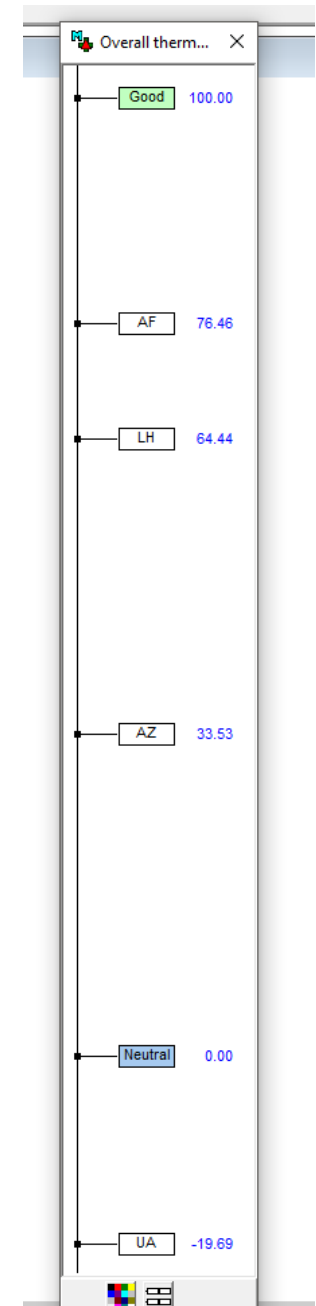
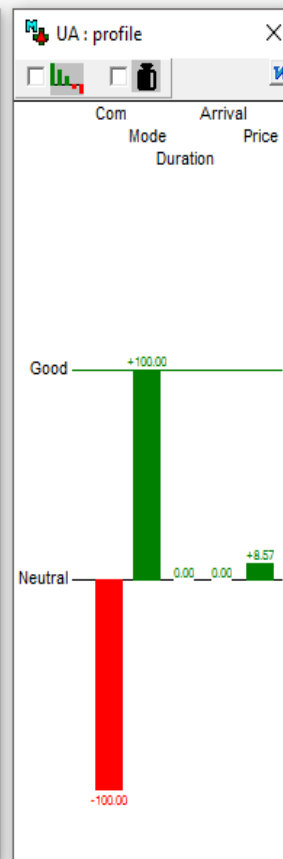
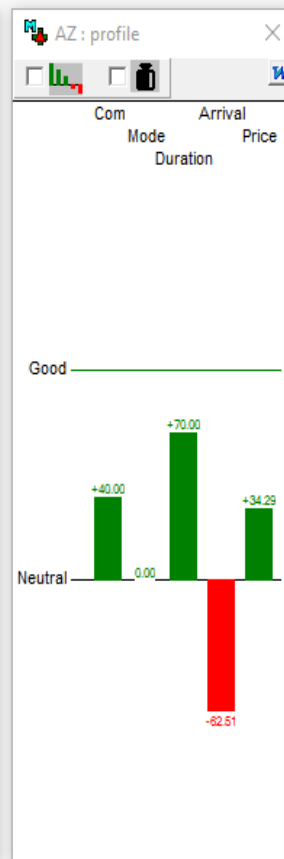
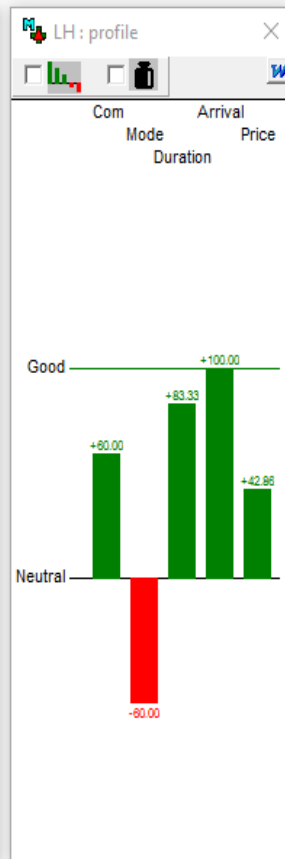
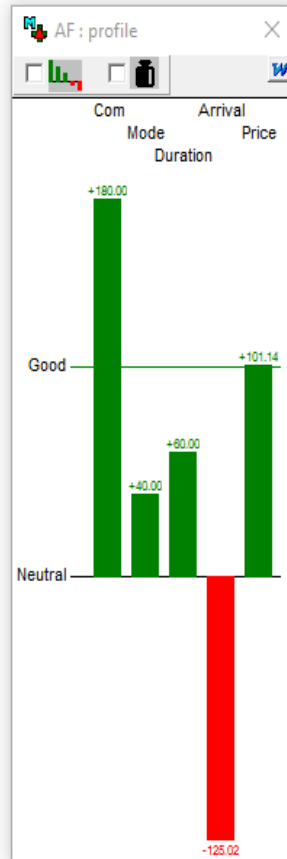
Critère unique de synthèse

Fonction de valeur/attractivité des critères qualitatifs



Méthodes multicritères

Critère unique de synthèse



Méthodes multicritères

Deux grandes familles

- Méthodes (ordinales) de surclassement (Famille des méthodes ELECTRE)
 - Évaluations relatives
 - Il s'agit de comparer les options deux par deux pour construire une relation de surclassement: A surclasse B: A est « au moins aussi bonne que » B
 - Deux phases:
 - Construction de la relation de surclassement pour chaque paire d'options
 - Exploitation de la relation selon: choix, rangement, tri ordonné (classification)
 - Attention: Possibilité d'inversement de rangs pour le rangement

Méthodes multicritères

Méthodes de surclassement

- Compensation n'est pas souhaitable
- Lorsque les évaluations sont imprécises
 - Des seuils d'indifférence, de préférence stricte
- Des seuils de veto si on veut
- Poids reflètent l'importance du critère
- Transitivité non exigée
 - Incomparabilité possible
- Méthodes ordinales
 - Perte d'information

Options (Billets)	CRITÈRES				
	Prix (€)	Durée (heures)	Confort	Heure d'arrivée	Mode de transport
Air France (AF)	824	15		01:30 lendemain	2 Air et 1 Bus Montréal
United Airlines (UA)	895	18		21:50	2 Air Montréal
Lufthansa (LH)	875	13,25		14:29	3 Air Montréal
Alitalia (AZ)	880	14,5		23:15	2 Air Toronto

Méthodes multicritères

ELECTRE III - Rangement

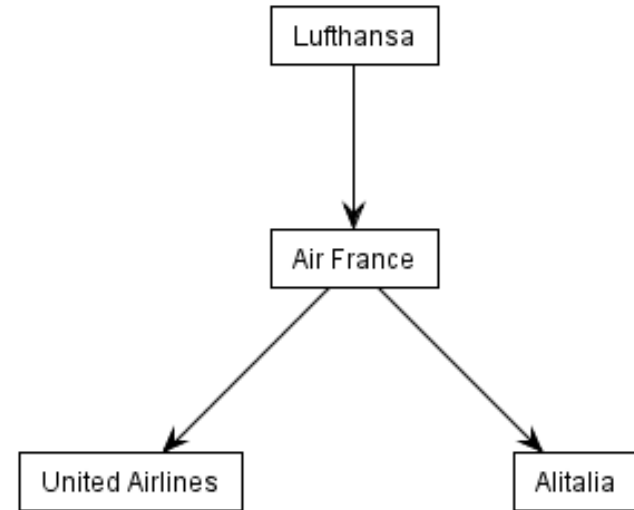
```
Project : Torino-Quebec Dottorato - Result : <Configuration_1, Table_1, Flight tickets, Ø>

RESULT <Configuration_1, Table_1, Flight tickets, Ø>

Ascending distillation
  1 : [Air France, Lufthansa]
  2 : United Airlines
  3 : Alitalia

Descending distillation
  1 : Lufthansa
  2 : Air France
  3 : Alitalia
  4 : United Airlines

Final ranking
  1 : Lufthansa
  2 : Air France
  3 : [United Airlines, Alitalia]
```



Il faut être très prudent dans l'interprétation du classement final!

Project : Torino-Quebec Dottorato - Configuration_1 - Outranking

Export CSV file

P+ : outranks P- : is outranked by R : incomparable I : indifferent

[.]	Air France	United Airli...	Lufthansa	Alitalia
Air France	I	P+	P-	P+
United Ai...	P-	I	P-	R
Lufthansa	P+	P+	I	P+
Alitalia	P-	R	P-	I

Logiciel MCDA-Ulaval gratuit: <https://mcda.fsa.ulaval.ca/fr/>

Conclusion

Avantages d'un processus multicritère

- Assure la transparence
- Aligné avec les valeurs et missions des organisations
- Assure la rigueur
 - Pas d'arbitraire
- Favorise l'acceptation sociale
- Augmente la légitimité des décisions

Conclusion

Avantages d'un processus multicritère

- Dissipation de certaines formes de malentendu dans la communication
- Cohérence des raisonnements, langage commun
- Débat, concertation, coordination
- Meilleure compréhension de la situation

Conclusion

Inconvénients d'un processus de multicritère

- Difficulté à réunir et assurer la présence des participants aux ateliers de groupe
- Effort cognitif peut être important pour les participants selon le type de méthode
- Durée du processus peut être longue
- Il faut bien connaître les méthodes
- Expérience en facilitation

Conclusion

- Toutes les décisions sont multicritères
- Processus multicritère:
 - Processus socio-technique
 - Constructiviste
 - Ateliers participatifs de co-construction avec parties prenantes et facilitateurs
- Méthodes ordinales ou cardinales
- Pas de méthode parfaite

Références autour des projets

- Abi-Zeid, I., Bouchard, N., Bousquet, M., Cerutti, C., Dupéré, S., Fortier, J., Lavoie, R., Mauger, I., Raymond, C., Richard, E., Savard, L. (2024). Multicriteria vulnerability index for equitable resource allocation in public health funding. *Canadian Journal of public health*, <https://doi.org/10.17269/s41997-024-00903-8>
- Abi-Zeid, I. & Cerutti, J. (2024), Multi-criteria decision aiding for built heritage value assessment: Model and application in Québec City, Canada. *Annals of Operations Research*, <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06059-5>
- Marais A., Abi-Zeid, I., Rodriguez, M. J., & Lavoie, R. (2024). A Multicriteria Model for the Assessment of Source Water Contamination by Anthropogenic Activities to Support Land Use Management. *Environmental Modeling & Assessment*, <https://doi.org/10.1007/s10666-024-09964-y>
- Marleau Donais, F., Abi-Zeid, I., Waygood, O., and Lavoie, R. (2019). Assessing and ranking the potential of a street to be redesigned as a Complete Street: A multi-criteria decision aiding approach. *Transportation Research A: Policy and Practice*, 124, 1-19.

Références supplémentaires

- Abi-Zeid, I., Marleau Donais F., & Jérôme Cerutti (2023). Multicriteria Decision Aiding – An overview of some challenges during interventions in real-life applications. In Norese, M.-F., De Vicente y Oliva M. A., Abi-Zeid, I. (eds) *Multicriteria Decision Aiding Interventions - Applications for Analysts*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/bfb0057467>
- Bana E Costa CA, De Corte J-M, Vansnick J-C (2012) MACBETH. DE CORTE, J. M., & VANSNICK, J. C. (2012). *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(2) : 359–387.
<https://doi.org/10.1142/S0219622012400068>
- **Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media (pour commencer)**
- Cinelli, M., Kadziński, M., Miebs, G., Gonzalez, M., & Słowiński, R. (2022). Recommending multiple criteria decision analysis methods with a new taxonomy-based decision support system. *European Journal of Operational Research*, 302(2), 633-651

Références supplémentaires

- Greco, S., Figueira, J., & Ehrgott, M. (2016). Multiple criteria decision analysis. New York: Springer
- Keeney, R. L. (2002). Common mistakes in making value trade-offs. *Operations research*, 50(6), 935-945
- Marais, A., & Abi-Zeid, I. (2021). *A Method to Identify, Characterize and Engage Relevant Stakeholders in Decision Processes*. Rapport de recherche, Université Laval, Québec, Canada, 57 pages. Faculté des sciences de l'administration, Université Laval <http://www.fsa.ulaval.ca/sirul/2021-001.pdf>
- Vieira, A. C., Oliveira, M. D., & e Costa, C. A. B. (2020). Enhancing knowledge construction processes within multicriteria decision analysis: The Collaborative Value Modelling framework. *Omega*, 94, 102047.



**"Of course we'll make a decision ...
once we have considered the 5243 factors."**



"All my decisions are well thought out."

Discussion